

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
9 octobre 2003 (09.10.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/083930 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01L 21/58, 21/68, 21/762, 21/20

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR03/00954

(22) Date de dépôt international : 26 mars 2003 (26.03.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/03909 28 mars 2002 (28.03.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31/33, rue de la Fédération, F-75752 PARIS 15ème (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : ASPAR,
Bernard [FR/FR]; 110 Lotissement le Hameau des Ayes,
F-38140 RIVES (FR). ZUSSY, Marc [FR/FR]; 4 avenue
Albert 1er de Belgique, F-38000 GRENOBLE (FR).
CLERC, Jean-Frédéric [FR/FR]; Le Châtelard, F-38320
BRIE ET ANGONNES (FR).

(74) Mandataire : LEHU, Jean; c/o BREVATOME, 3, rue du
Docteur Lancereaux, F-75008 PARIS (FR).

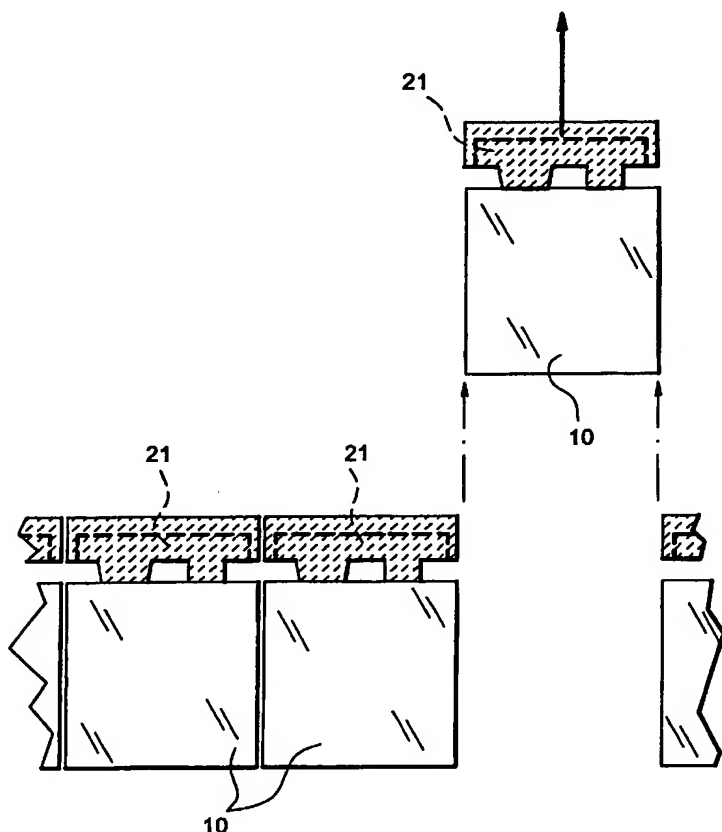
(81) États désignés (national) : JP, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR HANDLING SEMICONDUCTOR LAYERS IN SUCH A WAY AS TO THIN SAME

(54) Titre : PROCEDE DE MANIPULATION DE COUCHES SEMICONDUCTRICES POUR LEUR AMINCISSEMENT



(57) Abstract: The invention relates to a method for obtaining a thin layer from a plate provided with a front side with a given relief and a rear side, said method comprising the following steps: a) a support handle comprising a side used as a bonding side is obtained; b) the front side of the plate is prepared such that it is partially planarised in order to obtain a bonding energy E_0 lying between a first value corresponding to the minimum bonding energy compatible with the subsequent thinning stage and a second value corresponding to the maximum bonding energy compatible with the subsequent debonding operation, the bonding energy E_0 being such that $E_0 = \alpha E$, E being the bonding energy which would be obtained if the front side of the plate was completely planarised, and α being the ratio of the partially planarised surface of the front side of the plate to the surface of the front side of the plate if it was completely planarised; c) the front side of the plate is bonded to the bonding surface of the support handle by means of molecular bonding; d) the plate is thinned, starting from its rear side, until the thin layer is obtained; and e) the thin layer is debonded from the support handle and transferred to a support.

[Suite sur la page suivante]



WO 03/083930 A1

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'obtention d'une couche mince à partir d'une plaque comprenant une face avant présentant un relief donné et une face arrière, comprenant les étapes consistant à : a) se procurer une poignée support possédant une face servant de face de collage ; b) préparer la face avant de la plaque, cette préparation comprenant une planarisation incomplète de la face avant de la plaque, pour obtenir une énergie de collage E0 comprise entre une première valeur, correspondant à l'énergie de collage minimum compatible avec l'étape postérieure d'amincissement, et une deuxième valeur, correspondant à l'énergie de collage maximale compatible avec l'opération postérieure de désolidarisation, l'énergie de collage E0 étant telle que $E0 \text{ equals } E$, E étant l'énergie de collage qui serait obtenue si la face avant de la plaque était complètement planarisée, étant le rapport entre la surface planarisée incomplètement de la face avant de la plaque et la surface de la face avant de la plaque si elle était planarisée complètement ; c) solidariser, par adhésion moléculaire, la face avant de la plaque sur la face de collage de la poignée support ; d) amincir la plaque à partir de sa face arrière jusqu'à obtenir la couche mince ; e) reporter la couche mince sur un support d'utilisation, impliquant la désolidarisation d'avec la poignée support.

PROCEDE DE MANIPULATION DE COUCHES SEMICONDUCTRICES
POUR LEUR AMINCISSEMENT

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE

Les besoins en composants électroniques dont l'épaisseur est très faible (entre quelques μm et quelques dizaines de μm) sont de plus en plus importants. En effet, ces composants ultra-minces
10 présentent un certain nombre d'avantages dont les principaux sont le faible encombrement et la grande souplesse d'utilisation. De tels composants électroniques peuvent par exemple être intégrés sur des supports en plastique ou en papier. Le domaine
15 d'application tout d'abord visé est celui des cartes à puce et des étiquettes électroniques. Les composants électroniques ultra-minces sont également de plus en plus demandés dans des domaines comme l'encapsulation afin d'obtenir des circuits dans des boîtiers ultra-
20 plats.

Ces composants ultra-minces sont également indispensables pour réaliser des circuits intégrés verticalement ou circuits 3D. Le report d'un circuit ultra-mince sur un autre circuit permet d'augmenter
25 ainsi la densité d'intégration. Les applications de ces circuits 3D concernent les nouveaux systèmes intégrés de puissance, la radio-fréquence, l'optoélectronique et également le domaine des microprocesseurs.

Il est également important de pouvoir
30 obtenir des composants de type microsystème (au sens large MEMS pour "Micro-Electro-Mechanical Systems" ou

MOEMS pour "Micro-Optical-Electro-Mechanical Systems") en couche très mince pour faciliter l'intégration de ces derniers avec des composants électroniques et obtenir un système totalement intégré.

5 De façon générale, la couche dite active des composants microélectroniques ne fait qu'une épaisseur de quelques μm (voire moins) à quelques dizaines de μm . La partie intéressante du composant est donc réalisée uniquement en surface des plaquettes de
10 matériau semiconducteur. Cependant, l'épaisseur du substrat joue un rôle mécanique essentiel lors de la fabrication des circuits intégrés. L'épaisseur du substrat lui confère une tenue mécanique suffisante, permet sa manipulation par des équipements automatisés
15 standard et permet le contrôle de sa planéité pour assurer une nécessaire compatibilité avec les équipements et les procédés de photolithographie de haute résolution. En d'autres termes, une production de circuits intégrés directement sur des films de matériau
20 semiconducteur de quelques μm d'épaisseur n'est pas envisageable.

Il est donc actuellement nécessaire d'amincir les plaquettes sur lesquelles ont été réalisés les composants.

25 Par ailleurs, cette nécessité d'amincissement est d'autant plus vraie que l'épaisseur des nouvelles générations de plaquettes augmente en proportion des diamètres.

Il faut donc trouver un moyen d'obtenir ces
30 composants électroniques avec des épaisseurs très fines (typiquement inférieures à $100\ \mu\text{m}$). Un des meilleurs

moyens est un moyen collectif où l'amincissement est réalisé, non pas sur un seul composant, mais sur toute la plaquette supportant les composants.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

5 L'amincissement de plaques jusqu'à des épaisseurs très fines (inférieures à 100 μm) est aujourd'hui extrêmement difficile et pose des problèmes de rendement. Pour des épaisseurs aussi faibles, la plaque devient souple et souvent casse au cours de
10 l'opération d'amincissement avant que les contraintes ne soient relaxées.

 Pour remédier à cet inconvénient, il est connu de coller la plaquette à un support intermédiaire, dit poignée support, afin de pouvoir
15 maintenir et manipuler la plaquette amincie sans la casser. Cette poignée support permet l'amincissement de la plaquette contenant les composants jusqu'à une très faible épaisseur. Après amincissement, la couche mince obtenue et qui est solidaire de la poignée support peut
20 être manipulée et reportée sur un autre support qui peut être le support final.

 Parmi les premières méthodes décrites, on peut citer les techniques publiées dans l'article "Novel LSI/SOI Wafer Fabrication Using Device Layer
25 Transfer Technique" de T. HAMAGUCHI et al., paru dans Proc. IEDM, 1985, pages 688 à 691. Cet article mentionne l'utilisation d'une couche d'adhérence pour solidariser le substrat ou la plaquette à amincir et la poignée constituée d'une résine époxy.

30 D'autres techniques, basées sur le même principe, ont ensuite été développées en utilisant

différents moyens de collage du substrat à amincir sur la poignée, comme par exemple des résines ou autres colles. On peut citer, à titre d'exemple, le report de couches traitées sur un support en verre par l'intermédiaire de colles UV durcissables. On peut se référer à ce sujet à l'article "An Ultra Low-Power RF Bipolar Technology on Glass" de R. DEKKER et al., paru dans IEDM 1997, pages 921 à 923.

Les techniques présentées utilisaient toutes une colle, c'est-à-dire un ajout de matière, pour solidariser le substrat à amincir sur un support qui peut être la poignée ou le support final. Cette couche additionnelle, si elle permet de fournir des forces de collage très fortes et compatibles avec un amincissement, modifie l'épaisseur de la structure. De plus, il est très difficile de contrôler l'épaisseur de colle présente et son homogénéité sur la plaque. Ces caractéristiques posent un problème dans le cas où un amincissement uniforme et précis à quelques micromètres près est nécessaire. De plus, l'utilisation de colle présente un autre problème dans le cas où l'on veut, après amincissement, reporter la couche mince sur un support final et éliminer le support intermédiaire qui sert de poignée. En effet, il faut détruire l'effet de collage, par exemple en utilisant un solvant. Deux problèmes apparaissent alors. Le premier problème est que le solvant n'est pas toujours compatible avec le support final, par exemple si le support final est une carte à puce en plastique. Le second problème est qu'il reste des résidus de colle qui sont parfois difficiles à enlever.

Il existe d'autres méthodes d'adhésion qui permettent de solidariser des plaques entre elles. Une méthode qui présente un grand avantage est la méthode de solidarisation par adhésion moléculaire ("direct wafer bonding" en anglais). Cette technique est utilisée dans de nombreux domaines pour obtenir certains substrats, par exemple des substrats SOI. On peut citer l'exemple maintenant bien connu du procédé Smartcut® décrit dans l'article de M. BRUEL paru dans
5
10 Electron. Letters, 31 (1995), page 1201.

Le principe de l'adhésion moléculaire permet de solidariser deux plaques sans apport de matière, ce qui présente un grand intérêt pour l'application visée par l'invention. Pour obtenir une
15 adhésion entre deux plaques, il est nécessaire qu'elles présentent de bonnes propriétés de rugosité de surface, de chimie de surface (plaques hydrophiles pour un collage hydrophile ou plaques hydrophobes pour un collage hydrophobe), de planéité et de propreté (pas de
20 poussières en surface). On peut se référer par exemple au document Semiconductor Wafer-Bonding : Science and Technology par U. GOESELE et Q. Y. TONG paru dans Electrochemical Society, édité par John Wiley and Sons, 1999.

25 Cependant, les plaques qui possèdent des composants électroniques présentent un relief qui ne permet pas d'obtenir les conditions requises pour obtenir une adhésion moléculaire. Pour obtenir les critères requis de rugosité et de relief, il est
30 souvent nécessaire de préparer les surfaces à mettre en contact, par exemple au moyen d'une étape de

planarisation par polissage mécano-chimique. Ces techniques de préparation sont particulièrement bien adaptées pour la mise en contact par exemple de surfaces en oxyde de silicium, en nitrure de silicium ou en polysilicium (voir C. GUI et al., J. Electrochem. Soc. 144, 1997, page 237). Le relief de surface est éliminé de façon à obtenir le maximum de surface en contact afin d'avoir les forces de collage les plus fortes possible. Les structures ainsi obtenues sont solidarisées de façon irréversible. Les documents cités ci-dessus insistent sur la nécessité de planariser parfaitement les surfaces en contact sur toute la plaque pour obtenir une bonne adhésion. Les plaques sont dites parfaitement planarisées lorsqu'en tout point de la plaque la rugosité AFM (rms) est inférieure à ou de l'ordre de 0,5 nm. La rugosité mesurée en AFM (microscope à force atomique) correspond au relief mesuré par une pointe au contact de la surface sur un champ de 100 μm^2 .

Cette parfaite planarisation est incompatible avec des plaques qui doivent conserver un relief, en particulier pour conserver des ouvertures au niveau des plots de contact des composants.

La méthode de collage par adhésion moléculaire est également utilisée dans d'autres domaines que la microélectronique, par exemple pour la fabrication de microcapteurs ou MEMS. Dans ces autres domaines, certains dispositifs sont réalisés à partir d'une solidarisation par adhésion moléculaire de plaques présentant un évidement local ou des cavités. On peut se référer à ce sujet à T. GESSNER et al.,

Proc. of second Internat. Symp. on microstructures and microfabricated systems (Elec. Soc. Inc. Pennington, NJ, USA, 1995), pages 297-308 (Chicago, IL, USA, 8-13 octobre 1995). Cependant, dans ces publications, les surfaces à solidariser sont préparées de telle façon que les forces de collage soient très importantes.

Il n'est jamais fait état dans la littérature technique de la possibilité de décoller des structures après adhésion lorsqu'une préparation par planarisation a été effectuée et que l'adhésion est suivie d'un traitement thermique de consolidation.

Par ailleurs, A. PLOSSL et al. signalent dans Materials Science and Engineering R: report, "Wafer Direct Bonding : Tailoring Adhesion Between Brittle Materials", page 54, que si des plaques sont solidarisées par collage hydrophile, un recuit ultérieur (par exemple à 100°C) rend difficile leur séparation.

D'autres travaux ont porté sur la possibilité de contrôler les forces de collage obtenues par adhésion moléculaire de plaques entières et sans relief. Ce contrôle des forces de collage permet d'obtenir un collage réversible par contrôle de la rugosité sur toute la surface de la plaque. C'est ce qui est divulgué dans le document FR-A-2 796 491. Si une plaque présente un relief, il faut entièrement planariser toute la surface de la plaque. Pour cela, le relief est éliminé et on cherche à obtenir une rugosité de surface inférieure ou de l'ordre de 0,5 nm en rms. Ensuite, la rugosité de surface est modifiée de façon homogène sur toute la surface de la plaque.

Le document FR-A-2 725 074, correspondant au brevet américain N°5 683 830, divulgue la possibilité de transférer des couches minces d'un premier substrat vers un deuxième substrat grâce au
5 contrôle des forces de collage.

En résumé, l'art antérieur enseigne comment amincir une plaque en la collant sur une poignée de maintien par différents moyens. Cependant, l'art antérieur ne comprend aucun procédé permettant de
10 coller de façon réversible une plaque, comprenant des composants et présentant un relief qui doit être en partie conservé, sur un support intermédiaire servant de poignée, ce collage devant permettre d'amincir la plaque et de manipuler la plaque amincie sur sa
15 poignée.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention permet de remédier au problème exposé ci-dessus.

Elle a pour objet un procédé d'obtention
20 d'une couche mince à partir d'une plaque comprenant une face avant divisée en éléments de surface et présentant un relief donné et une face arrière, comprenant les étapes consistant à :

a) se procurer une poignée support
25 possédant une face servant de face de collage ;

b) préparer la face avant de la plaque, cette préparation comprenant une planarisation incomplète de la face avant de la plaque, pour obtenir, par rapport à la face de collage de la poignée support,
30 une énergie de collage E_0 comprise entre une première valeur, correspondant à l'énergie de collage minimum

compatible avec l'étape postérieure d'amincissement, et une deuxième valeur, correspondant à l'énergie de collage maximale compatible avec l'opération postérieure de désolidarisation, l'énergie de collage E_0 étant telle que $E_0 = \alpha \cdot E$, E étant l'énergie de collage qui serait obtenue si la face avant de la plaque était complètement planarisée, α étant le rapport entre la surface planarisée incomplètement de la face avant de la plaque et la surface de la face avant de la plaque si elle était planarisée complètement ;

c) solidariser, par adhésion moléculaire, la face avant de la plaque sur la face de collage de la poignée support ;

d) amincir la plaque à partir de sa face arrière jusqu'à obtenir la couche mince ;

e) reporter les éléments de surface de la couche mince sur un support d'utilisation, impliquant la désolidarisation d'avec la poignée support.

Avantageusement α est compris entre 0,4 et 0,8.

Selon une première application du procédé, à l'étape e), l'ensemble des éléments de surface est reporté sur le support d'utilisation.

Selon une deuxième application du procédé, à l'étape e), le report des éléments de surface se faisant de manière individuelle, l'étape b) est menée de façon à obtenir pour chaque élément de surface une énergie de collage E_0 , l'étape e) étant précédée d'une étape de découpe de la couche mince en éléments de surface.

Selon une troisième application du procédé, à l'étape e), le report des éléments de surface se faisant par groupe d'éléments de surface, l'étape b) est menée de façon à obtenir pour chaque groupe d'éléments de surface une énergie de collage E_0 , l'étape e) étant précédée d'une étape de découpe de la couche mince en groupe d'éléments de surface.

La découpe de la couche mince peut s'accompagner de la découpe de la poignée support.

L'étape de découpe peut s'effectuer en combinant une étape de gravure profonde de la couche mince et une étape de sciage.

La partie de la plaque destinée à fournir la couche mince peut notamment comprendre du matériau semiconducteur. Les éléments de surface peuvent constituer des composants électroniques achevés ou non:

A l'étape b), la planarisation incomplète peut être réalisée par une méthode de polissage mécano-chimique.

A l'étape d), l'amincissement de la plaque peut être réalisé par une méthode d'amincissement mécanique, chimique ou mécano-chimique.

A l'étape e), la désolidarisation d'avec la poignée support peut être réalisé en particulier par des moyens mécaniques et/ou pneumatiques.

A l'étape e), le report a lieu avant la désolidarisation d'avec la poignée support.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre

d'exemple non limitatif, accompagnée des dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe transversale d'une poignée support destinée à la mise
5 en œuvre du procédé selon l'invention,

- la figure 2 est une vue en coupe transversale d'une plaque devant fournir une couche mince grâce au procédé selon l'invention,

- les figures 3A à 3F illustrent
10 différentes étapes du procédé selon la présente invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

15 La figure 1 montre, en coupe transversale, une poignée support 10 constituée par exemple d'une plaque de silicium ou de verre. Le verre présente l'avantage d'être transparent, ce qui permet de contrôler visuellement les objets déposés sur la face
20 arrière. La poignée support 10 présente une face 11 préparée pour servir de face de collage.

La figure 2 montre, en coupe transversale, une plaque 20 en matériau semiconducteur, par exemple en silicium. L'une de ses faces principales a subi des
25 traitements destinés à réaliser des composants électroniques. La figure 2, qui est une vue partielle, montre trois composants 21 achevés ou non. La présence de ces composants fait que la face plane traitée présente un relief important avec plusieurs zones de
30 hauteurs différentes et de rugosités différentes. Lorsque la plaque comprend des composants terminés, une

partie de ce relief correspond à la présence d'ouvertures permettant d'aller reprendre des contacts électriques.

D'une manière générale, la nature chimique
5 des plaques à coller par adhérence moléculaire, les nettoyages chimiques avant collage et le traitement thermique de consolidation du collage sont fixés de telle façon qu'une énergie de collage E est obtenue si la plaque comprenant les composants est totalement
10 planarisée. Une surface est totalement planarisée si sa rugosité est inférieure à environ 0,5 nm sur tout élément de 100 μm^2 de cette surface (mesure AFM).

Selon le procédé de l'invention, la plaque comprenant les composants est préparée puis collée sur
15 la poignée support de façon à obtenir un collage par adhésion moléculaire avec une énergie de collage contrôlée E_0 telle que $E_0 = \alpha \cdot E$ avec $E_0 > E_1$ et $E_0 < E_2$. E_1 est l'énergie de collage minimum qui est compatible avec l'amincissement. E_2 est l'énergie de collage
20 maximum au-dessous de laquelle la solidarisation des pièces collées est réversible. Le coefficient α est avantageusement compris entre 0,4 et 0,8. Ce coefficient est le rapport entre la surface planarisée et la surface totale de la plaque. Pratiquement, la
25 surface planarisée est égale à la somme des éléments de surface planarisés. On appelle élément de surface planarisé toute partie connexe de la surface où la rugosité mesurée en AFM est inférieure à environ 0,5 nm sur tout élément de 100 μm^2 .

30 La solidarisation (ou collage) étant réalisée par adhésion moléculaire, il n'y a aucun ajout

de matière à l'interface des deux pièces solidarisées. L'épaisseur totale des pièces collées n'est pas modifiée et l'amincissement peut être réalisé avec une grande précision. Cette précision dépend alors des
5 équipements utilisés. Si un amincissement mécanique est réalisé, une précision de $\pm 1\mu\text{m}$ peut être obtenue.

Les figures 3A à 3D illustrent différentes étapes du procédé selon l'invention.

La figure 3A montre la plaque 20 après
10 l'opération de planarisation effectuée jusqu'à atteindre le niveau 22. La planarisation est réalisée de façon préférentielle par polissage mécano-chimique (CMP) de façon à écrêter les sommets du relief suffisamment pour obtenir une adhésion moléculaire mais
15 sans planariser totalement la plaque contrairement à la pratique habituelle. Il subsiste ainsi du relief sur la plaque sur plusieurs niveaux. Seulement deux niveaux sont représentés sur la figure 3A, mais plus de deux niveaux peuvent exister.

20 L'énergie de collage E_1 correspond à l'énergie minimum de collage qui permet un amincissement. Cette énergie minimum est bien sûr fonction de la méthode d'amincissement qui peut être mécanique, chimique, mécano-chimique ou autre. A titre
25 d'exemple, E_1 vaut 500 mJ/m^2 pour un amincissement par rectification et polissage mécano-chimique.

La figure 3B montre la structure obtenue lorsque la plaque 20 est solidarisée par adhésion moléculaire, côté composants, avec la poignée support
30 10. L'énergie de collage E dépend de la température à laquelle la structure a été éventuellement recuite, de

la nature des matériaux qui sont mis en contact (Si_3N_4 , SiO_2 , Si...) et des nettoyage chimiques qui sont réalisés avant la mise en contact. Les traitements thermiques et chimiques sont, dans tous les cas, choisis de façon à ne pas dégrader la structure et en particulier les composants présents. Par exemple, pour un collage hydrophile de deux surfaces SiO_2 - SiO_2 totalement planarisées, une énergie de 1 J/m^2 est obtenue après un recuit à 300°C durant deux heures.

10 L'énergie de collage E_2 est l'énergie de collage maximale au-dessous de laquelle la solidarisation est réversible. Elle dépend bien évidemment de la méthode qui est utilisée pour séparer les deux plaques au niveau de l'interface de collage après amincissement.

15 Par exemple, si une lame est utilisée pour séparer les deux pièces de la structure, E_2 vaut environ 800 mJ/m^2 (les énergies de collage sont mesurées par la méthode de la lame).

La plaque 20, collée sur la poignée support 10, est amincie par sa face arrière pour fournir une couche mince 23. C'est ce que montre la figure 3C. Cet amincissement peut être mécanique : polissage ou rectification ("grinding" en anglais). Il peut être chimique : par gravure au moyen d'une solution qui attaque le matériau à amincir. Il peut aussi être mécano-chimique : par polissage mécano-chimique. Une couche d'arrêt peut également être présente dans le substrat initial (par exemple une couche d'oxyde enterrée dans le cas d'un substrat SOI). Dans ce cas,

20 10, est amincie par sa face arrière pour fournir une couche mince 23. C'est ce que montre la figure 3C. Cet amincissement peut être mécanique : polissage ou rectification ("grinding" en anglais). Il peut être chimique : par gravure au moyen d'une solution qui attaque le matériau à amincir. Il peut aussi être mécano-chimique : par polissage mécano-chimique. Une couche d'arrêt peut également être présente dans le substrat initial (par exemple une couche d'oxyde enterrée dans le cas d'un substrat SOI). Dans ce cas,

25 20, est amincie par sa face arrière pour fournir une couche mince 23. C'est ce que montre la figure 3C. Cet amincissement peut être mécanique : polissage ou rectification ("grinding" en anglais). Il peut être chimique : par gravure au moyen d'une solution qui attaque le matériau à amincir. Il peut aussi être mécano-chimique : par polissage mécano-chimique. Une couche d'arrêt peut également être présente dans le substrat initial (par exemple une couche d'oxyde enterrée dans le cas d'un substrat SOI). Dans ce cas,

30 l'amincissement est réalisé jusqu'à cette couche d'arrêt.

Après amincissement, la couche mince solidarisée avec la poignée support peut être manipulée. Les composants de la couche mince peuvent alors être reportés de façon collective sur un autre support de même diamètre. Ils peuvent aussi être reportés individuellement. Dans le cas où un report individuel est demandé, les composants sont découpés sur leur poignée support. Sur la figure 3C, on a indiqué les axes de découpe 24 des composants 21.

Sur la figure 3D, on a représenté les composants et leur support découpés. Ces composants découpés sont manipulables avec des outils classiques car les composants amincis sont sur leur support de manipulation. La figure 3D montre un composant 21 et la partie de la poignée support 10 qui lui correspond, en cours de manipulation.

Une fois que le ou les composants sont reportés sur leur support final ou sur un autre support intermédiaire, il faut pouvoir séparer le ou les composants de leur partie de poignée support. La figure 3E représente un composant 21 reporté sur son support final 25, le composant 21 étant toujours solidaire de sa partie de poignée support 10. La figure 3F représente le composant 21 fixé sur son support final 25 et séparé de sa partie de poignée support 10. La séparation peut être effectuée par tout moyen mécanique ou pneumatique utilisé seul ou en combinaison. On peut citer la séparation par insertion d'un outil (lame en Téflon®, métallique), par injection d'un flux gazeux, en exerçant une force de traction et/ou de cisaillement.

Une variante du procédé consiste à découper seulement la couche mince contenant les éléments à reporter ou seulement cette couche et une partie de la poignée. Le prélèvement de l'élément à reporter est
5 alors simultané de la séparation entre l'élément et la poignée support. Un manipulateur (par exemple une micropipette à vide) est utilisé pour reporter l'élément.

Dans une autre variante, le composant peut
10 être séparé de la poignée support pendant le report. C'est le cas lorsqu'est utilisé un pointeau à travers une poignée support trouée.

L'invention s'applique à l'amincissement de tout type de semiconducteur, par exemple le silicium,
15 le germanium, les semiconducteurs III-V (AsGa, InP, GaN)... Elle s'applique également au cas où la plaque est en matériau quelconque mais qui peut être aminci.

On va détailler maintenant le cas d'une plaque comportant en surface des circuits intégrés dont
20 les plots de contact sont ouverts et dont les caractéristiques électriques ont été testées à l'aide d'un testeur standard. Cette plaque présente un fort relief en surface. Dans le cas, où l'amincissement doit être bien contrôlé, la plaque est mesurée précisément,
25 avant amincissement, afin de bien connaître les épaisseurs en tout point de cette plaque (par exemple par ADE).

La plaque est planarisée de façon incomplète de façon à écrêter les sommets du relief et
30 obtenir des plateaux dont la surface fait environ 2 mm^2 et dont la rugosité sur cette surface est inférieure à

0,5 nm. Cette surface est par exemple en oxyde de silicium ou en nitrure de silicium. La surface planarisée représente 60% de la surface totale. La planarisation est réalisée par CMP et, après nettoyage chimique, la plaque est mise en contact avec sa poignée support qui peut être une plaque de silicium oxydée en surface ou une plaque de verre avec éventuellement un dépôt d'oxyde de silicium en surface. Un recuit à 250°C pendant deux heures est réalisé pour cette plaque afin d'obtenir une énergie de collage de l'ordre de 600 mJ/m². Il est également possible de chauffer à une température plus basse et plus longtemps ou inversement pour obtenir une énergie de collage du même ordre de grandeur.

La face arrière de la plaque contenant les circuits intégrés est amincie jusqu'à une épaisseur de 10 µm, par exemple par rectification suivie d'un polissage mécano-chimique. Les circuits sont ensuite découpés sur leur poignée support au moyen d'une scie standard. Une variante consiste à réaliser une gravure profonde de la couche mince portant les composants selon un motif tel qu'il facilite le sciage, par exemple une gravure de toute la couche mince sur une longueur supérieure au trait de scie. On manipule l'ensemble avec des outils standard de "pick and place". Un circuit peut alors être reporté par exemple sur une carte à puce en collant la face arrière du circuit sur le support final avec une colle. Ensuite, une traction est exercée de façon à séparer la face avant du circuit de la poignée support.

Suivant une autre variante de réalisation, la face arrière du circuit est collée par adhésion moléculaire sur une plaquette contenant d'autres circuits afin de réaliser des circuits 3D. La
5 solidarisation de la face arrière du circuit peut se faire avec une énergie de collage par exemple de $1,5 \text{ J/m}^2$. Une telle énergie peut être obtenue grâce à un nettoyage plasma. Le support intermédiaire peut être éliminé par introduction d'une lame à l'interface de
10 collage. Un petit évidement peut avoir été prévu au niveau de l'interface pour faciliter l'introduction de la lame.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'obtention d'une couche mince (23) à partir d'une plaque (20) comprenant une face avant divisée en éléments de surface et présentant un relief donné et une face arrière, comprenant les étapes consistant à :

- a) se procurer une poignée support (10) possédant une face (11) servant de face de collage ;
- b) préparer la face avant de la plaque (20), cette préparation comprenant une planarisation incomplète de la face avant de la plaque, pour obtenir, par rapport à la face de collage (11) de la poignée support (10), une énergie de collage E_0 comprise entre une première valeur, correspondant à l'énergie de collage minimum compatible avec l'étape postérieure d'amincissement, et une deuxième valeur, correspondant à l'énergie de collage maximale compatible avec l'opération postérieure de désolidarisation, l'énergie de collage E_0 étant telle que $E_0 = \alpha \cdot E$, E étant l'énergie de collage qui serait obtenue si la face avant de la plaque était complètement planarisée, α étant le rapport entre la surface planarisée incomplètement de la face avant de la plaque et la surface de la face avant de la plaque si elle était planarisée complètement ;
- c) solidariser, par adhésion moléculaire, la face avant de la plaque (20) sur la face de collage (11) de la poignée support (10) ;
- d) amincir la plaque (20) à partir de sa face arrière jusqu'à obtenir la couche mince (23) ;

e) reporter les éléments de surface de la couche mince sur un support d'utilisation, impliquant la désolidarisation d'avec la poignée support.

5 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que α est compris entre 0,4 et 0,8.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, à l'étape e), l'ensemble
10 des éléments de surface est reporté sur le support d'utilisation.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, à l'étape e), le report
15 des éléments de surface se faisant de manière individuelle, l'étape b) est menée de façon à obtenir pour chaque élément de surface une énergie de collage E_0 , l'étape e) étant précédée d'une étape de découpe de la couche mince en éléments de surface.

20

5. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, à l'étape e), le report
des éléments de surface se faisant par groupe d'éléments de surface, l'étape b) est menée de façon à
25 obtenir pour chaque groupe d'éléments de surface une énergie de collage E_0 , l'étape e) étant précédée d'une étape de découpe de la couche mince en groupe d'éléments de surface.

6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que la découpe de la couche mince s'accompagne de la découpe de la poignée support.

5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que l'étape de découpe s'effectue en combinant une étape de gravure profonde de la couche mince et une étape de sciage.

10 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la partie de la plaque destinée à fournir la couche mince comprend du matériau semiconducteur.

15 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que les éléments de surface constituent des composants électroniques achevés ou non.

20 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que, à l'étape b), la planarisation incomplète est réalisée par une méthode de polissage mécano-chimique.

25 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que, à l'étape d), l'amincissement de la plaque est réalisé par une méthode d'amincissement mécanique, chimique ou mécano-chimique.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que, à l'étape e), la désolidarisation d'avec la poignée support est réalisé par des moyens mécaniques et/ou pneumatiques.

5

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que, à l'étape e), le report a lieu avant la désolidariation d'avec la poignée support.

10

1 / 4

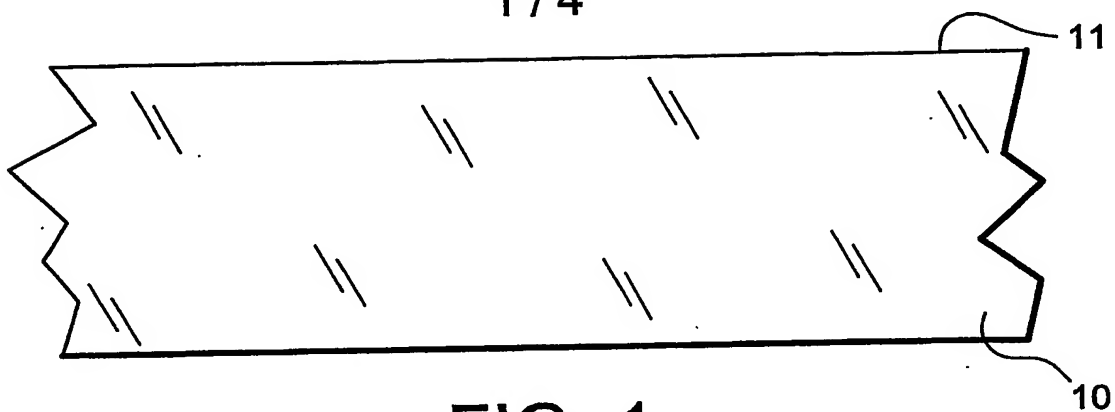


FIG. 1

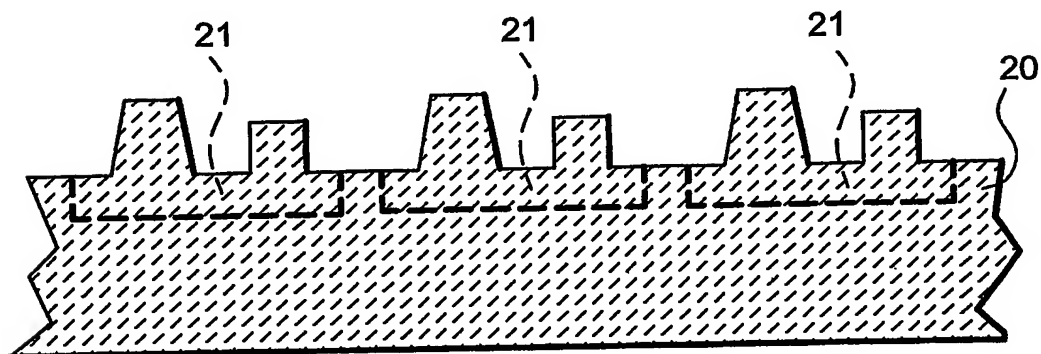


FIG. 2

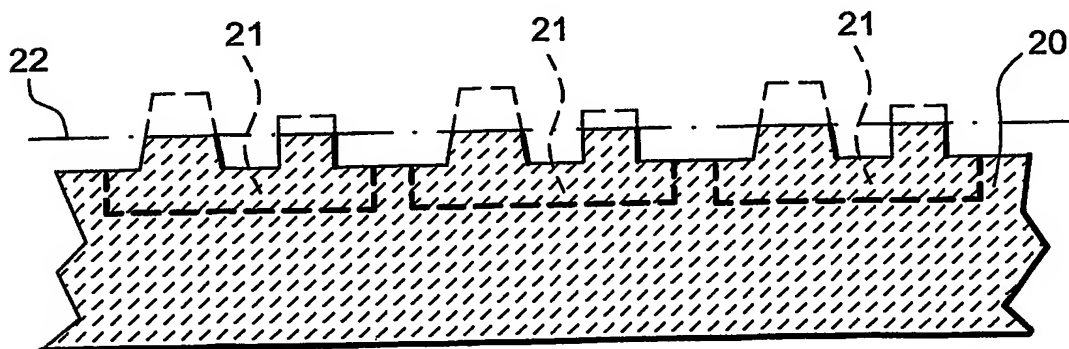
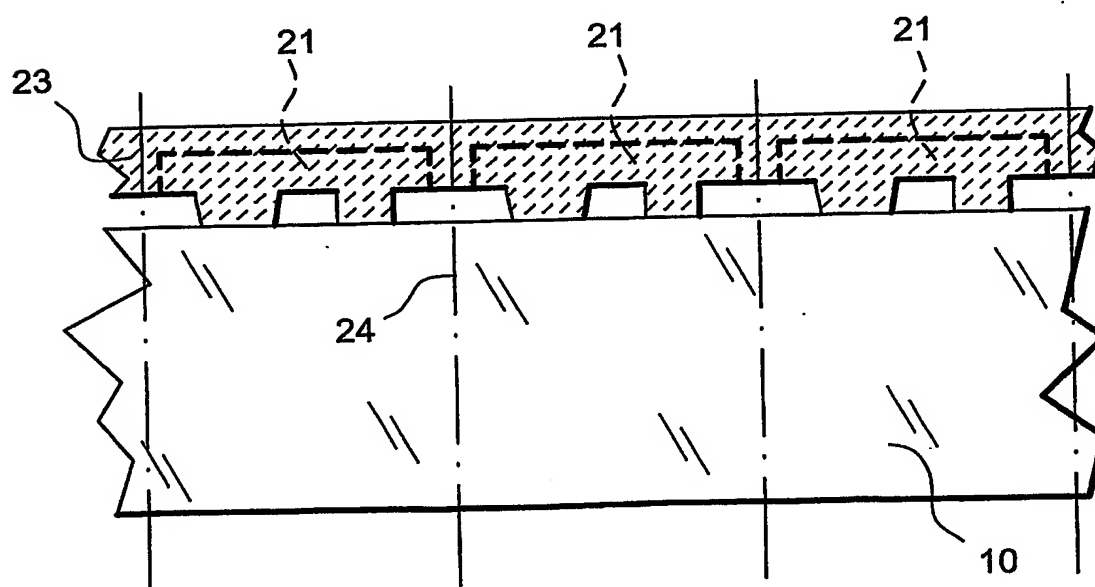
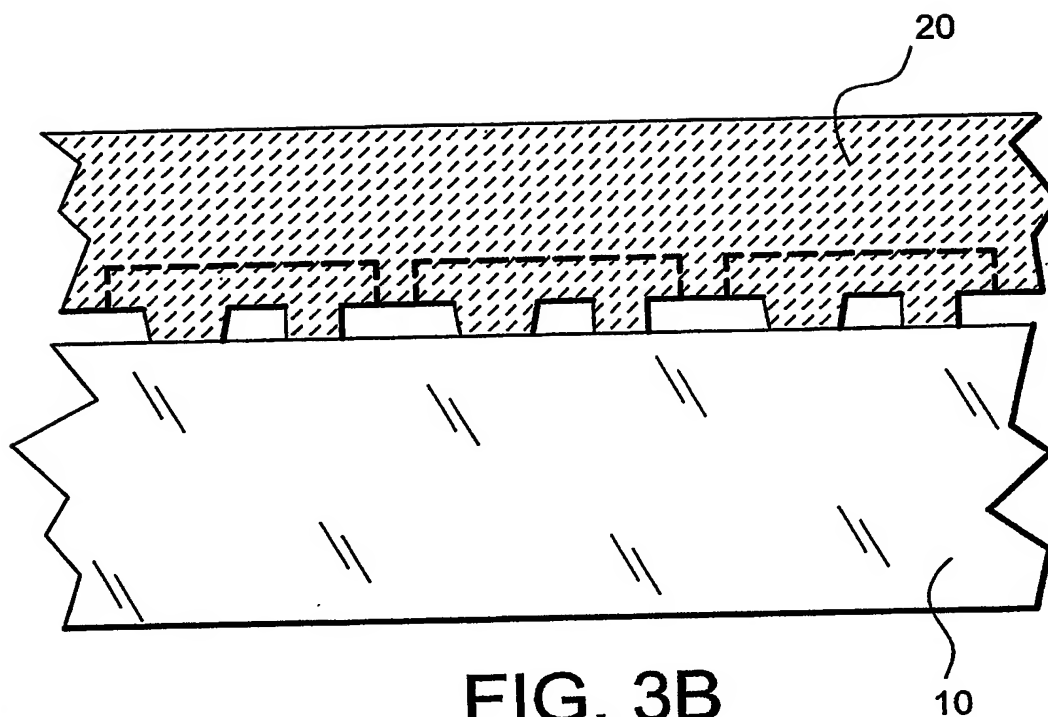


FIG. 3A

2 / 4



3 / 4

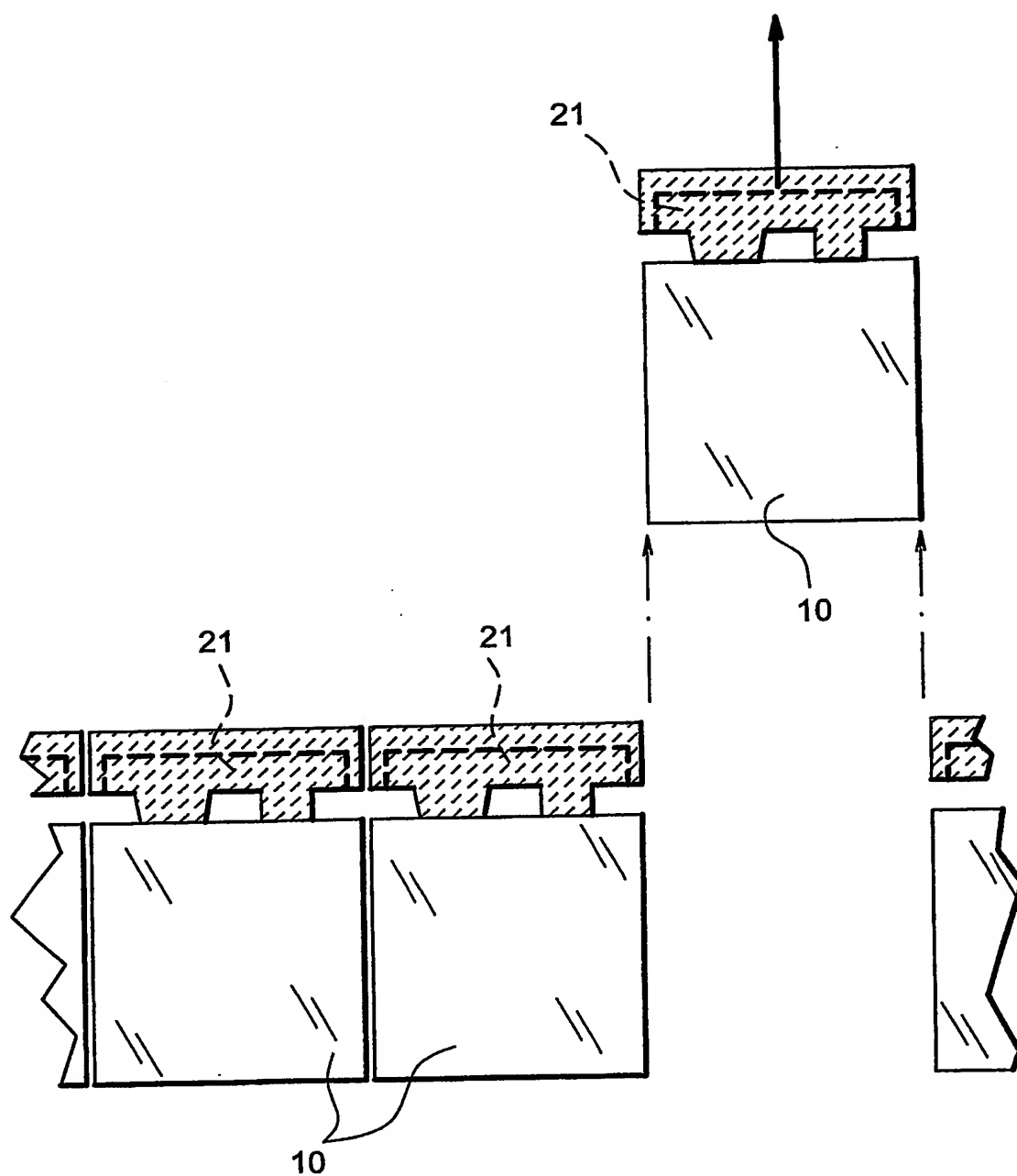


FIG. 3D

4 / 4

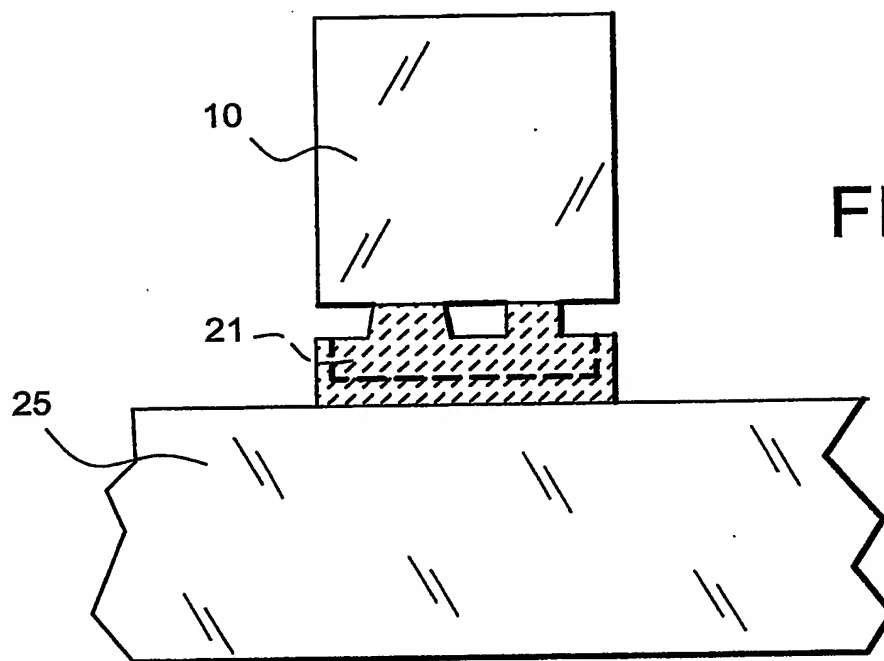


FIG. 3E

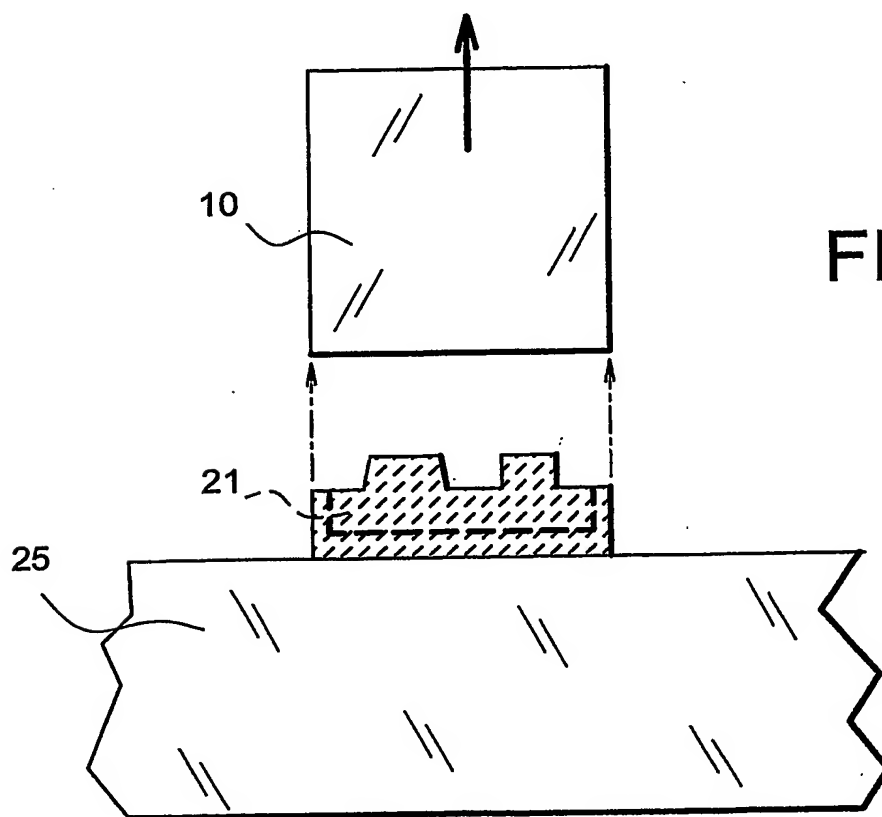


FIG. 3F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR 03/00954

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 H01L21/58 H01L21/68 H01L21/762 H01L21/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2001/051415 A1 (ELLIS MARK W ET AL) 13 December 2001 (2001-12-13) abstract; claims; figures paragraph '0035!	1-13
Y	FR 2 809 867 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 7 December 2001 (2001-12-07) abstract; claims; figures 2A-2I page 20, line 10 - line 24	1-13
A	FR 2 781 925 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 4 February 2000 (2000-02-04) abstract; claims; figures page 8, line 21 - page 11, line 35	1-13
A	FR 2 767 604 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 26 February 1999 (1999-02-26) abstract; claims; figures	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 July 2003

Date of mailing of the international search report

04/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wirner, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International application No

PCT/FR 03/00954

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2001051415 A1	13-12-2001	US 6303469 B1	16-10-2001
FR 2809867 A	07-12-2001	FR 2809867 A1	07-12-2001
		EP 1285461 A1	26-02-2003
		WO 0193325 A1	06-12-2001
		US 2003077885 A1	24-04-2003
FR 2781925 A	04-02-2000	FR 2781925 A1	04-02-2000
		EP 0977252 A1	02-02-2000
		JP 2000153420 A	06-06-2000
		US 6204079 B1	20-03-2001
FR 2767604 A	26-02-1999	FR 2767604 A1	26-02-1999
		EP 0898307 A1	24-02-1999
		JP 11154652 A	08-06-1999
		US 2002022337 A1	21-02-2002

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande nationale No

PCT/FR 03/00954

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L21/58 H01L21/68 H01L21/762 H01L21/20

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2001/051415 A1 (ELLIS MARK W ET AL) 13 décembre 2001 (2001-12-13) abrégé; revendications; figures alinéa '0035!	1-13
Y	FR 2 809 867 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 7 décembre 2001 (2001-12-07) abrégé; revendications; figures 2A-2I page 20, ligne 10 - ligne 24	1-13
A	FR 2 781 925 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 4 février 2000 (2000-02-04) abrégé; revendications; figures page 8, ligne 21 -page 11, ligne 35	1-13
A	FR 2 767 604 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 26 février 1999 (1999-02-26) abrégé; revendications; figures	1-13

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 juillet 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

04/08/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
 Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Wirner, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/00954

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2001051415 A1	13-12-2001	US 6303469 B1	16-10-2001
FR 2809867 A	07-12-2001	FR 2809867 A1	07-12-2001
		EP 1285461 A1	26-02-2003
		WO 0193325 A1	06-12-2001
		US 2003077885 A1	24-04-2003
FR 2781925 A	04-02-2000	FR 2781925 A1	04-02-2000
		EP 0977252 A1	02-02-2000
		JP 2000153420 A	06-06-2000
		US 6204079 B1	20-03-2001
FR 2767604 A	26-02-1999	FR 2767604 A1	26-02-1999
		EP 0898307 A1	24-02-1999
		JP 11154652 A	08-06-1999
		US 2002022337 A1	21-02-2002